

**Zeitschrift:** Protar  
**Herausgeber:** Schweizerische Luftschutz-Offiziersgesellschaft; Schweizerische Gesellschaft der Offiziere des Territorialdienstes  
**Band:** 3 (1936-1937)  
**Heft:** 11  
  
**Artikel:** Ueber die physikalischen Vorgänge im Gas- und Schwebestofffilter der Gasmasken [Fortsetzung]  
**Autor:** H.L.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-362568>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 21.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

Le service de la défense aérienne passive procure aux établissements les livrets de service au prix de revient.

#### Art. 20.

Les établissements astreints à la défense aérienne préparent en temps de paix déjà l'organisation d'un déplacement des occupants en cas de guerre.

Le directeur de l'établissement établit un plan de défense ainsi qu'un plan de déplacement, qui doivent être soumis à l'approbation du service de la défense aérienne passive. Ce dernier consulte la commission technique.

Les plans doivent demeurer secrets. Sur demande, ils peuvent cependant être soumis à l'examen des autorités compétentes de la commune, du canton ou de la Confédération et à celui de la Croix-Rouge suisse.

#### Art. 21.

Les plans de construction ou de transformation d'établissements doivent être examinés par le service de la défense aérienne passive relativement aux constructions de défense aérienne passive.

Les subventions fédérales sont accordées conformément à l'arrêté fédéral du 18 mars 1937 tendant à encourager les travaux de défense aérienne passive et à l'ordonnance d'exécution.

#### Art. 22.

Les établissements fournissent eux-mêmes le matériel nécessaire aux organismes de défense aérienne.

Ne pourra être employé que le matériel autorisé par le Laboratoire fédéral d'essai de matériaux, conformément à l'arrêté du Conseil fédéral du 7 mai 1935 réglant la surveillance de la fabrication et de l'importation de matériel de défense contre des attaques aériennes.

#### Art. 23.

La Confédération contribue à la première acquisition du matériel par un subside fixé suivant les crédits disponibles.

Elle peut le faire aussi sous forme de livraison de matériel à prix réduit.

#### Art. 24.

Les infractions à la présente ordonnance seront poursuivies conformément à l'arrêté du Conseil fédéral du 3 avril 1936 réprimant les infractions en matière de défense aérienne passive.

#### Art. 25.

La présente ordonnance, ainsi que les dispositions d'exécution, entrent en vigueur le 1<sup>er</sup> août 1937.

Berne, le 6 juillet 1937.

Département militaire fédéral:  
R. MINGER.

## Ueber die physikalischen Vorgänge im Gas- und Schwebstofffilter der Gasmasken Von Dr. H. L.

(1. Fortsetzung)

Nachdem wir uns bisher ausschliesslich mit Gasen und Dämpfen beschäftigt haben, müssen wir nun auch die bei gewöhnlicher Temperatur festen und flüssigen Giftstoffe etwas näher betrachten. Es ist klar, dass man zu Kampfwzwecken, d. h. um in kurzer Zeit eine grössere Anzahl von Kriegsgegnern kampfunfähig zu machen, die festen und flüssigen Gifte in möglichst fein verteilter Form in der Luft verteilen muss. Dies wird dadurch erreicht, dass man sie in Granaten einfüllt und diese durch die Artillerie an den Feind bringt. Solche Geschosse besitzen nur eine geringe Sprengladung, erzeugen also keine oder nur geringfügige Sprenglöcher. Ihre Sprengladung ist so bemessen, dass sie den Geschossmantel aufreisst und die Giftladung zerstäubt. Ist das Gift ein fester Körper, so wird es hierbei als feiner Staub der Luft beigegeben; im Falle von Flüssigkeiten entstehen feinste Tröpfchen, die als Nebel in der Luft schweben. Auf diese Weise gelangen die Kampfgifte in die Atemorgane des Gegners oder aber, wenn es sich um Hautgifte handelt, auf die Haut und in die Kleider, wo sie ihre verheerende Wirkung mehr oder weniger rasch, aber sicher entfalten können. Als Beispiele für feste Gifte seien erwähnt die Blaukreuzkampfstoffe, auch Nasen-Rachenreizestoffe genannt. Es sind durchwegs arsenhaltige chemische Verbindungen, die äusserst stark rei-

zend auf die Schleimhäute der Atemwege einwirken, indem sie heftigsten Husten und Atemnot hervorrufen.

Die meisten der sogenannten Augenreizstoffe sind flüssig. Manche von ihnen sind sehr flüchtig und gehen nach ihrer Zerstäubung in den Dampfzustand über. Dabei vermischen sie sich mit der Luft und werden unsichtbar. — Flüssig sind ferner die Gelbkreuzstoffe, die als Hautgifte wirken. Sie sind verhältnismässig wenig flüchtig und gelangen darum als Nebel zur Wirkung. Aber selbst die geringen Mengen ihres Dampfes, den sie an die Luft abgeben, vermögen, neben den feinen Tröpfchen, auf die Haut einzuwirken und empfindliche Verletzungen hervorzurufen.

Zum Verständnis der Schutzwirkung der Gasmasken gegenüber staubförmigen und nebelartigen Giften, soll nun einiges über die Teilchengrösse der zerstäubten festen und flüssigen Kampfstoffe mitgeteilt werden. Während bei den Gasen und Dämpfen die Teilchen einheitliche Grösse besitzen — es sind eben die Moleküle der betreffenden Stoffe — können die Teilchengrössen bei Stäuben und Nebeln innerhalb weiter Grenzen verschieden sein, auch wenn es sich um Teilchen ein und derselben Substanz handelt. Es sei hier noch bemerkt, dass man zusammenfassend Stäube und Nebel auch «Schwebestoffe» nennt. Damit deutet man an,

dass die Luft Fremdstoffe mit sich führt, seien sie nun fester oder flüssiger Natur. Dagegen sind Gase und Dämpfe keine Schwebestoffe, weil sie eben wegen ihrer gasförmigen Natur unsichtbar mit der Luft vermischt sind.

Der Begriff Staub darf als allgemein bekannt vorausgesetzt werden. So spricht man z. B. von Staubzucker und versteht darunter einen fein gemahlten Zucker. Jedermann kennt auch den Strassenstaub, der aus zerriebenen Gesteinspartikeln, aus Lehm, Erde und dergleichen besteht und durch den Wind oder durch den Luftzug, den z. B. Automobile erzeugen, in die Luft gewirbelt wird. Sowohl Staubzucker als Strassenstaub sind trotz ihrer verhältnismässigen Feinheit, wenn man sie zwischen den Fingerspitzen reibt, noch deutlich fühlbar. Genauer ausgedrückt: sie enthalten noch einzelne fühlbare Körnchen. Wesentlich feiner ist ein gutes Getreidemehl, bei dem man zwischen den Fingerspitzen keine einzelnen Teilchen mehr herausfühlt. Aus Zeitungsmeldungen hört man gelegentlich, dass die aus dem Süden, z. B. aus dem nördlichen Afrika in unsere Gegenden strömenden Winde «Staub» aus den Wüstengebieten der Sahara mit sich führen. Kommt eine solche Luftströmung bei uns zum Stillstand, so fällt der mitgeführte Staub nieder und färbt frischgefallenen, rein weissen Schnee gelblich. Es leuchtet ohne weiteres ein, dass solcher Staub, der eine derartig weite Reise mitgemacht hat, schon ausserordentlich fein sein muss. Der Strassenstaub, den ein fahrendes Automobil aufgewirbelt hat, setzt sich meist rasch und in unmittelbarer Umgebung der Strasse wieder ab. Der Vergleich zwischen dem Staub aus der Sahara, der viele Hundert oder Tausend Kilometer mit der Luft zurücklegte, muss wesentlich feiner sein als unser Strassenstaub, der höchstens einige Meter weit sich schwebend erhalten kann. Noch erstaunlicher sind die Dämmerungs-Sonnenfärbungserscheinungen, die auch bei uns im Herbst und Winter 1884 auftraten als Folge der im August 1883 erfolgten Zerstörung der Insel Krakatau (in der Sundastrasse zwischen Java und Sumatra), durch einen vulkanischen Ausbruch. Es wurden hierbei ungeheure Mengen von Aschen- und Lavastaub in die Atmosphäre geschleudert, die so fein waren, dass sie sich über ein Jahr in den höhern Luftschichten erhalten konnten und jene eigenartigen Färbungen am abendlichen Himmel hervorriefen.

Wie klein muss ein Staubteilchen sein, damit es sich längere Zeit in der Luft schwebend erhalten kann? Hierüber wurden von Engelhard \*) interessante Untersuchungen angestellt. Ein Staubteilchen vom spezifischen Gewicht 1,4 und einem Durchmesser von  $\frac{1}{5000000}$  mm hat eine Fallgeschwindigkeit von  $\frac{1,45}{100.000}$  mm pro Sekunde. Hat

das Staubteilchen einen Durchmesser von  $\frac{1}{500}$  mm bei gleichem spezifischem Gewicht, so beträgt seine Fallgeschwindigkeit  $\frac{31,4}{100}$  mm. Einen deutlicheren Begriff dieser Zahlen erhält man, wenn man die Zeit ausrechnet, die diese beiden Teilchen gebrauchen würden, um eine Fallhöhe von einem Meter zurückzulegen. Das erste Teilchen würde hierzu 2 Jahre und 68 Stunden benötigen, das zweite rund 53 Minuten.

Was wir gewöhnlich als Nebel bezeichnen, sind in der Luft schwebende zahlreiche Wassertröpfchen. Die in der Atmosphäre durch Abkühlung von Wasserdampf entstehenden Nebel enthalten Wassertröpfchen von ungefähr 0,02 mm Durchmesser. Der Dampf eines jeden bei gewöhnlicher Temperatur flüssigen Stoffes kann bei seiner Abkühlung zu Nebelbildung führen. Sind die Tröpfchen grösser und sehr zahlreich, so vereinigen sie sich zu grösseren Tropfen und scheiden sich dann als Flüssigkeit ab, da sie sich nicht mehr in der Luft schwebend erhalten können. In der Natur entsteht auf diese Weise der Regen. Auch bei Nebeln können die Tröpfchen ausserordentlich klein sein und setzen alsdann ihrer Vereinigung, bzw. Abscheidung grossen Widerstand entgegen.

Rauch kann sowohl aus kleinsten Staubteilchen als auch aus feinsten Flüssigkeitströpfchen bestehen. In den meisten Fällen wird er aus beiden zusammengesetzt sein. Jeder Raucher weiss, dass der Tabakrauch im Laufe der Zeit die weissen Vorhänge und die Gipsdecken der Zimmer gelblich bis bräunlich färbt. Er besteht zum Teil aus festen Russteilchen und zum Teil aus Tröpfchen von teerigen, braunen Flüssigkeiten, die sich bei der Verbrennung und Verschmelzung des Tabaks bilden.

Wir haben bereits erfahren, dass die Moleküle der Gase und Dämpfe nicht ruhig im Raume verharren, sondern sich in ständiger Bewegung befinden. Genau dasselbe gilt auch für die feineren Teilchen der Stäube und Nebel. Die Bewegung ist umso lebhafter, je kleiner die Teilchen sind. Es scheint nicht ausgeschlossen, dass ihre Ursache darin liegt, dass die Teilchen von den an sie anprallenden Gas-molekülen in Gang gebracht werden. Gegenüber den Molekülen sind die festen und flüssigen Teilchen noch immer Riesen; dadurch wird erklärlich, dass ihre Bewegung nur relativ langsam ist und die zurückgelegten Wege kurz. Man nennt diese Bewegungen nach ihrem Entdecker, dem Botaniker Brown, Brownsche Bewegungen. Sie spielen bei der Erklärung der Vorgänge im Schwebestoff-Filter der Gasmaske eine wichtige Rolle.

Wir kommen nun zu den Mitteln, die uns gegeben sind, um die Atemluft von den in ihr enthaltenen, für unsere Gesundheit schädlichen Fremdstoffen zu befreien. Es gibt für die verschiedenen Giftstoffe eine ganze Reihe von Möglichkeiten, die zu diesem Ziele führen könnten. Aber nur

\*) Zeitschrift für Elektrochemie und angewandte physikalische Chemie, XXXI, 590 (1925).

wenige von ihnen sind brauchbar, wenn es sich darum handelt, eine Gasmaske herzustellen, die für möglichst viele Gifte wirksam sein soll. Wie schon eingangs erwähnt, war es besonders schwierig, das Atemgerät so zu gestalten, dass es nicht nur gasförmige Kampfstoffe — diese Aufgabe wurde schon bald gelöst —, sondern auch die festen und flüssigen Schwebestoffe unschädlich macht. Wir beschränken uns hier darauf, die Verfahren zu erläutern, die bei der Heeresgasmaske und der für die Zivilbevölkerung gebräuchlichen Gasmaske zur Anwendung gelangen. Es sind in erster Linie zwei Mittel, die heute in der Gasmaske wirksam sind: ein physikalisches und ein chemisches, die nun nacheinander betrachtet werden sollen.

Es ist eine schon seit langem bekannte Tatsache, dass feste Körper die Eigenschaft haben, an ihrer Oberfläche eine dünne Luftschicht festzuhalten. Der Laie hat hiervon meist keine Kenntnis, während sie dem Physiker oft recht störend in den Weg tritt. Dieses Lufthäutchen, das von ausserordentlich geringer Stärke ist, kann z. B. bei optischen Untersuchungen sich recht unangenehm bemerkbar machen. Die Menge Luft, die ein fester Körper an seiner Oberfläche zurückhält, ist an sich äusserst klein; sie hängt in erster Linie von seiner räumlichen Ausdehnung ab. Dann aber auch von seiner Oberflächenbeschaffenheit. Eine rauhe Oberfläche hält im allgemeinen mehr Luft oder, richtiger gesagt, Gase zurück als eine glatte, polierte. Auch die Art des Stoffes spielt eine grosse Rolle. Metalle verhalten sich anders als z. B. Glas, Holz, Kautschuk, Kohle usw. Wenn wir bisher nur von Luft sprachen, geschah dies aus dem Grunde, weil die Luft eben dasjenige Gas ist, von welchem fast alle Gegenstände umgeben sind. Aber auch die anderen Gase vermögen sich in Form dünner Häute an feste Körper anzulagern. Bringen wir einen solchen aus der Luft in eine Atmosphäre von Kohlensäure, Chlor oder Ammoniakgas, so tauscht er seine Lufthülle gegen eine neue aus dem betreffenden Gas, in dem er sich gerade befindet, aus.

Nun sind viele feste Stoffe porös, das heisst sie sind von einem mehr oder weniger feinen Netz von Kanälen oder Höhlen durchzogen, auch wenn sie uns von aussen als vollkommen dicht erscheinen. Auf dieser Tatsache beruht die Zusammendrückbarkeit fast aller festen Körper. Ein grobes Beispiel für einen solchen Stoff gibt uns ein gewöhnlicher Schwamm, der an seiner Oberfläche eine Unzahl grösserer und kleinerer Löcher aufweist, die sich als Höhlen oder Kanäle in das Innere seiner Substanz fortsetzen. Betrachten wir einen Schwamm nicht nur nach seiner äusseren Form, sondern in seiner ganzen Eigenart als Schwammsubstanz, so leuchtet uns sofort ein, dass diese nicht nur die Oberfläche ihrer äusseren Gestalt hat, sondern gewissermassen auch eine innere Oberfläche, die an Ausdehnung die äussere, die uns zunächst ins Auge fällt, bei weitem übertrifft.

Ein weiteres Beispiel liefert uns die Substanz, aus der unsere Lungen bestehen. Aeusserlich sehen diese ganz glatt aus, in Wirklichkeit sind sie wie ein Schwamm von unzähligen feinsten Kanälchen durchzogen, die in mikroskopisch kleinen Bläschen endigen. Die Lunge hat als Organ den Zweck, unser Blut mit dem lebensnotwendigen Sauerstoff zu versorgen. Ein normaler Mensch nimmt mit jedem Atemzug  $\frac{1}{2}$ —3 Liter Luft in seine Lungen auf, je nachdem er seinen Brustkorb ausdehnt. Nun besteht die Luft nur zu rund einem Fünftel ihres Volumens aus Sauerstoff, die übrigen vier Fünftel (Stickstoff) spielen für die Atmung keine Rolle. Die Natur hat nun dafür gesorgt, dass die eingeatmete Luft in möglichst grosser Oberfläche mit dem Blut in Berührung kommt, damit die kleine Menge Sauerstoff, die wir mit jedem Atemzug einatmen, auch richtig ausgenützt werden kann. Die äussere Oberfläche der Lunge ist verhältnismässig klein und würde für die Atmung längst nicht ausreichen. Durch das Netz der Kanälchen, das heisst durch ihre innere Oberfläche, wird sie aber gewaltig vergrössert. Sie beträgt bei einem erwachsenen Manne 103—129 m<sup>2</sup>, eine gewaltige Fläche, die es dem Blut erlaubt, von den 100—600 cm<sup>3</sup> Sauerstoff, die sich ihm darbieten, die für die Erhaltung unseres Lebens notwendige Menge aufzunehmen.

Es gibt nun noch eine Anzahl Stoffe, die durch ihre Porosität eine sehr grosse innere Fläche besitzen und daher besonders geeignet sind, Gase in sich aufzunehmen. Denn die Wandungen der Poren oder Kanälchen besitzen ebenso wie die sichtbare äussere Oberfläche die Eigenschaft, eine dünne Gashaut festzuhalten. Zu diesen Stoffen gehört, wie seit langer Zeit bekannt ist, die Holzkohle. Wie entsteht die Holzkohle? Den ältern unter uns ist der Beruf des Köhlers wohl noch bekannt, denn er wurde in der Schweiz vor 50—60 Jahren noch vielfach ausgeübt. — Die Holzkohle entsteht aus Holz, wenn dieses langsam, mit einer zu seiner vollständigen Verbrennung unzureichenden Menge Luft — richtiger gesagt Sauerstoff — nicht verbrannt, sondern nur gebrannt wird. Man nennt diesen Vorgang «Verkohlung» oder wohl auch «trockene Destillation» oder neuerdings «Verschwelung». Früher in grösstem Massstabe, heute nur noch vereinzelt, wurde dieser Vorgang in den sogenannten Kohlenmeilern durchgeführt. Man errichtete im Wald, wo das erforderliche Holz ohne grösseren Transport zur Verfügung stand, einen im Umriss runden, in der ganzen Gestalt halbkugelförmigen, 2—3 m hohen Holzstoss aus Tannen- oder Buchenscheitern, der mit Lehm oder Erde bedeckt wurde. Diese Decke besass an mehreren Stellen Oeffnungen, durch die die Luft zu einer gemässigten Brennung des Holzes eintreten konnte. Andere, oben gelegene Löcher erlaubten den Abzug des Stickstoffes sowie der bei der Verkohlung gebildeten andern Gase, wie Kohlenoxyd und Kohlensäure, des Wasserdampfes usw. Die Kunst des Kohlenbrenners bestand nun darin, das ent-



zündete Holz durch Regulierung der Luftzufuhr gerade so weit verbrennen zu lassen, dass möglichst viel Kohle zurückblieb. Lässt man zuviel Luft, bzw. Sauerstoff in den Meiler eintreten, so verbrennt ein Teil der Kohle, das heisst die Ausbeute wird gering und damit auch der Verdienst des Köhlers. Ist dagegen die Luftmenge, die man zutreten lässt, zu klein, so verbrennt das Holz unvollständig, die erzeugte Kohle wird minderwertig, also wiederum ein Verdienstausschlag. — Heute wird ein grosser Teil der Holzkohle industriell in Holzverkohlungsanlagen erzeugt. Hierbei wird das Holz in geschlossenen eisernen Retorten, die von aussen mit der billigen Steinkohle oder mit Industriegasen geheizt werden, verschwelt. Da bei diesem Verfahren die Hitze aus fremden Quellen stammt, wird die Ausbeute an Kohle, bezogen auf das Holz, grösser und die Qualität des Erzeugnisses gleichmässiger als bei dem alten Meilerprozess.

Was geht bei der Verkohlung des Holzes vor? Holz ist ein sehr kompliziert zusammengesetzter Stoff. Sein wesentlicher Bestandteil ist der Zellstoff (Zellulose), aus dem die Holzfasern aufgebaut sind. In der Zellulose eingebettet befinden sich Mineralstoffe, die bei Verbrennung oder Verkohlung des Holzes als Asche zurückbleiben, ferner Farbstoffe, Riechstoffe, Harze, Öle, Gummi und andere mehr. Die Zellulose selbst ist aus Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff zusammengesetzt; in chemischem Sinne gehört sie zu den Zuckerarten. Bei der Verkohlung entweichen zunächst Wasser und die flüchtigen Bestandteile des Holzes, zum Teil unter partieller Zersetzung, wobei wertvolle Nebenerzeugnisse, wie Essigsäure (Holzessig), Holzgeist, Azeton, Kreosot etc., entstehen. Der Wasserstoff und Sauerstoff der Zellulose verbinden sich zu Wasser, das als Dampf weggeht. Es bleibt schliesslich nur der Kohlenstoff — eben die Holzkohle — zurück, die durch die nichtflüchtigen Aschebestandteile verunreinigt ist. — Die Holzkohle hat im allgemeinen die äussere Form der verkohlten Holzstücke. Durch das Entweichen des Wassers und der flüchtigen Begleitstoffe der Zellulose entstehen Hohlräume in der Kohle, was ihre grosse Porosität verursacht und ihr damit die Fähigkeit verleiht, Gase in sich aufzunehmen. Es ist klar, dass die Beschaffenheit des Holzes, das zur Kohlenherzeugung verwendet wird, von grossem Einfluss auf die Porosität der gebildeten Kohle ist. Dichte, schwere Hölzer, wie Eiche, Nussbaum etc., geben eine weniger poröse Kohle als weiche, leichte, an sich schon mit Hohlräumen ausgestattete Hölzer, z. B. Linden-, Tannen- und Buchsbaumholz.

Wie schon angedeutet wurde, ist die Eigenschaft der Holzkohle, Gase aufzunehmen — man nennt dies meist Gase zu adsorbieren —, schon lange bekannt. Im folgenden einige Zahlen, die ein Bild von den Mengen Gas geben sollen, die Holzkohle aufnehmen vermag.

4 g Holzkohle adsorbieren bei 0° und 1800 mm Druck:

47 cm <sup>3</sup> Wasserstoff	= 4 mg	} bei 760 mm Druck
105 cm <sup>3</sup> Sauerstoff	= 150 mg	
ca. 100 cm <sup>3</sup> Kohlensäure	= 196 mg	
123 cm <sup>3</sup> Ammoniak	= 93 mg	

1 Volum Holzkohle adsorbiert bei 0° und 760 mm Druck:

ca. 130 Vol. Alkoholdampf
» 83 Vol. Essigsäuredampf
» 29,5 Vol. Chloroformdampf.

Die angeführten Zahlen sollen nur einen ungefähren Begriff von der Adsorptionsfähigkeit der Holzkohle geben. Würde man die drei letzten Zahlen, ebenfalls auf Gewichte bezogen, auf 4 g Kohle ausrechnen, so würden sich Mengen ergeben, die um 200 mg herum lägen. Ganz allgemein hat man festgestellt, dass von Dämpfen mehr adsorbiert wird als von Gasen. Desgleichen hat sich ergeben, dass der Dampf einer niedrig siedenden Flüssigkeit aus der Kohle verdrängt wird durch den Dampf einer höher siedenden Flüssigkeit. So kann man z. B. ein Gemisch von Dämpfen in seine Bestandteile zerlegen durch deren stufenweise Adsorption in Holzkohle. Voraussetzung hierfür ist, dass die Dämpfe rein, das heisst ohne Beimischung von Luft sind.

Die Notwendigkeit der Schaffung von höchst wirksamen Gasmasken hat in den Nachkriegsjahren dazu geführt, das Adsorptionsvermögen von Holzkohlen noch weiter zu steigern. Durch Untersuchung von Kohlen aus den verschiedensten Holzarten hat man die wirksamsten Hölzer kennen gelernt. So haben sich z. B. die Kohlen aus Fruchtkernen oder Fruchtschalen, wie Mandel- oder Kokosnussschalen, als der gewöhnlichen Holzkohle erheblich überlegen herausgestellt. Ferner hat man die Kohlen noch merklich leistungsfähiger machen können, indem man sie nach ihrer Herstellung durch Behandeln mit warmer, verdünnter Salzsäure weitgehend von den mineralischen Aschenbestandteilen befreite. Es ist einleuchtend, dass durch dieses Verfahren noch zahlreiche Poren geöffnet werden, die durch Asche verstopft waren. Des weiteren ist es gelungen, durch Tränken des Holzes vor der Verkohlung mit gewissen Chemikalien, z. B. Chlorzinklösung, die Wirksamkeit der Kohle noch weiter zu erhöhen. Natürlich müssen solche Zusätze nach der Verschwelung des Holzes ebenfalls durch Auswaschen mit Salzsäure aus der Kohle wieder entfernt werden. Man nennt diese neueren, höchst wirksamen Kohlenarten heute «Aktivkohlen».

Man kennt auch noch eine Anzahl anderer Stoffe, die ausserordentlich porös und darum geeignet sind, Dämpfe und Gase zu adsorbieren. Ich nenne hier einige derselben: 1. Kieselgur, eine weisse, mehlig Substanz, die aus den Kieselpanzern abgestorbener Diatomeen besteht; 2. Kaolin oder Porzellanerde, ein natürlich vorkommendes

Aluminiumoxyd (Tonerde); 3. Sisicagel, aus Kieselsäure bestehend und gewissermassen einen künstlichen Kieselgur darstellend. Es würde zu weit führen, hier näher auf diese Stoffe einzutreten, zumal keiner derselben für Gasmasken so geeignet ist wie Aktivkohle.

Die Frage, ob z. B. die fossilen Kohlenarten, wie Braunkohle, Steinkohle und Anthrazit, durch Verschwelen nicht auch brauchbare poröse Kohlen liefern könnten, liegt nahe. Sie muss verneint werden. Wenn auch z. B. Koks, das Verschwelungsprodukt der Steinkohle, ziemlich porös ist, so fehlt eben doch die feinporige Struktur der Holzkohle. Die fossilen Kohlen sind eben durch ihre Entstehung schon viel dichter als Holz, wegen der Pressung, die sie während Jahrmillionen im Innern der Erde erfahren haben. Ferner haben sie schon viel von den flüchtigen Bestandteilen während der langen Zeiträume ihrer Entstehung verloren.

Die bereits erwähnte Tatsache, dass in Aktivkohle adsorbierte Dämpfe niedrig siedender Flüssigkeiten durch solche von höher siedenden Flüssigkeiten verdrängt werden, führt uns dazu, die Haftfestigkeit der aufgenommenen Gase und Dämpfe im allgemeinen zu untersuchen. Wenn wir eine stark mit dem äusserst giftigen Phosgendampf gesättigte Kohle an der Luft ausbreiten, so werden wir schon nach verhältnismässig kurzer Zeit wahrnehmen, dass die Luft in der Umgebung der Kohle nach Phosgen riecht. Wir ziehen daraus den Schluss, dass das adsorbierte Gift in kleinen Mengen wieder an die Luft abgegeben wird. Durch diese Abgabe wird die Sättigung der Kohle verringert und ihre Neigung, weitere Mengen Phosgen aus ihrer Haft zu entlassen, wird geringer. Immerhin wird es sehr lange — viele Tage oder sogar Wochen — dauern, bis die Kohle nicht mehr nach Phosgen riecht. Hieraus ist ersichtlich, dass die Haftfestigkeit eines adsorbierten gasförmigen Stoffes recht gross ist. Wenn wir solche an der Luft geruchlos gewordene Kohle nun erhitzen, so werden wiederum neue Mengen Phosgendampf aus ihr entweichen, und um sie ganz davon zu befreien, müssen wir die Erhitzung bis zum Glühen steigern. Schneller erreichen wir dieses Ziel, wenn das Erhitzen in einem Gasstrom erfolgt, z. B. in Stickstoff, oder wenn wir die Kohle im luftleeren Raume ausglühen. Solche ausgeglühte Kohle verhält sich, nach ihrer Abkühlung, wieder wie frisch hergestellte und ist nun wieder imstande, grosse Mengen eines gasförmigen Stoffes aufzunehmen. — Wenn wir als Beispiel Phosgen gewählt haben, so geschah dies aus dem Grunde, weil das flüssige Phosgen bei  $+8^{\circ}$  siedet und sein Dampf demnach auch als Gas betrachtet werden kann. Wäre die Kohle mit dem Dampf einer hochsiedenden Flüssigkeit gesättigt gewesen, z. B. mit Chlorpikrin — einem ebenfalls zur Gruppe der Lungengifte gehörigen Stoffe, vom Siedepunkt  $+113^{\circ}$  — so ist die Neigung der Kohle, diesen Dampf abzugeben, schon sehr viel geringer. Noch weniger leicht würde der

Augenreizstoff Brombenzylcyanid, der bei  $+225^{\circ}$  siedet, an die Luft zurückgegeben. In allen Fällen jedoch erfolgt restlose Abgabe durch Ausglühen. — Praktisch findet die Regeneration (Wiederbelebung) von Gasmaskenkohle keine Verwendung, weil sie zu kostspielig wäre.

Eine feuchte oder gar nasse Aktivkohle hat ihr Aufnahmevermögen für Gase praktisch verloren, da ihre Poren durch Wasser verstopft sind. Deshalb müssen die Gasmaskeneinsätze oder -filter vor Benetzung bewahrt werden.

Wie kann man sich die Adsorption der grossen Gas- und Dampfmengen durch Aktivkohle erklären? Die Kanälchen und Hohlräume, die sich durch einzelne Körnchen hindurchziehen, sind verschieden gross; es gibt feinere und gröbere, aber immer bleibt ihr Durchmesser, verglichen mit dem Durchmesser eines Gas- oder Dampfmoleküls, riesengross. Wenn wir uns aber an die Tatsache der Brownschen Bewegungen der Moleküle erinnern, finden wir die Erklärung. Während ein solches Molekül mit der Atemluft durch ein Porenkanälchen wandert, führt es seine lebhaften Zickzackbewegungen aus und wird sicher im Laufe seiner Wanderung durch das Kanälchen einmal an dessen Wandung stossen und dort festgehalten. Derart entsteht im Innern der Poren eine dünne Haut von Gas oder Dampf. Die ursprünglich in den Kanälchen vorhandene Haut von Luft wird verdrängt, weil der Siedepunkt der Luft sehr viel tiefer liegt als derjenige aller Giftgase. Nur ein einziges Giftgas wird von der Aktivkohle nicht oder nur ungenügend adsorbiert: das Kohlenoxyd. Der Siedepunkt des flüssigen Kohlenoxyds liegt bei  $-190^{\circ}$ , d. h. zwischen dem des Stickstoffs ( $-195,5^{\circ}$ ) und dem des Sauerstoffs ( $-183^{\circ}$ ). Da Stickstoff und Sauerstoff die Bestandteile der Luft sind, muss angenommen werden, dass die Moleküle des Kohlenoxydes diejenigen des Stickstoffs und des Sauerstoffs nicht zu verdrängen vermögen, weil die Siedepunkte der drei Gase so nahe beieinander liegen.

Wie haben wir uns nun die Gashaut im Innern der Kanälchen vorzustellen? Man könnte geneigt sein, anzunehmen, dass wenn die Wandungen der Poren vollständig mit nebeneinander liegenden Gas- oder Dampfmolekülen bedeckt sind, die Adsorption aufhören müsste, weil keine freie Kohlenfläche mehr da ist. Wenn diese Annahme zuträfe, hätte die Gasschicht die Stärke von einem Durchmesser des Gasmoleküls. Eine wichtige Tatsache spricht gegen eine solche Annahme. Wenn wir durch Aktivkohle ein reines, d. h. nicht mit Luft vermisches Gas, z. B. Chlor, Ammoniak, Phosgen etc., leiten und zugleich die Temperatur der Kohle mittels eines Thermometers beobachten, so finden wir, dass die Kohle im Laufe der Adsorption warm, ja sogar heiss wird. Nun wissen wir, dass bei der Verdichtung (Kompression) eines Gases dessen Temperatur steigt. Wir sind demnach berechtigt, anzunehmen, dass bei der Adsorption eines Gases

durch Aktivkohle eine Verdichtung des Gases stattfindet, dass die Gasmoleküle also eng aneinander und aufeinander zu liegen kommen. Ob beim Eintritt der Sättigung der Kohle, also wenn die Adsorption nicht mehr weiter geht, alle Kanälchen, oder wenigstens die feinsten, ganz mit dem verdichteten Gas angefüllt sind, das wissen wir heute noch nicht. Vielleicht hört die Adsorption schon auf, wenn eine Schicht von der Stärke von mehreren Molekülen sich gebildet hat. — Es wird von manchen Forschern angenommen, dass bei der Adsorption elektrische Vorgänge eine Rolle spielen. Ein Beweis für die Richtigkeit dieser Vermutung konnte aber bis heute noch nicht erbracht werden.

Dass bei der Adsorption von Gasen und Dämpfen in Aktivkohle eine Verdichtung eintritt, geht auch aus folgender Tatsache hervor. Das Phosgen — auch Chlorkohlenoxyd genannt — entsteht durch die chemische Vereinigung von Chlorgas mit Kohlenoxydgas. Wenn man bei gewöhnlicher Temperatur gleiche Raumteile dieser Gase mischt, so zeigen sie keinerlei Neigung, sich mit einander zu verbinden (sofern man ultraviolette Strahlen enthaltendes Licht von ihnen ausschliesst). Leitet

man aber das Gemisch der beiden Gase durch Aktivkohle, so tritt schon nach kurzer Zeit Phosgenbildung ein. Man kann sich dies nur so erklären, dass durch die Adsorption, hauptsächlich des Chlors, die Moleküle der beiden Gase einander so nahe gerückt werden, dass ihre Vereinigung möglich wird.

In unsern Betrachtungen über die Adsorption an Aktivkohle war bisher nur die Rede von reinen Gasen und Dämpfen. Bei der praktischen Verwendung der Gasmaske darf sich ein solcher Fall schon aus dem Grunde nicht einstellen, weil der Träger der Maske aus Mangel an Sauerstoff nach kurzer Zeit ersticken würde. Die Gasmaske darf nur da getragen werden, wo der Gehalt der Luft an Giftstoffen ein ganz geringer ist, sodass nach ihrer Entfernung noch genügend Sauerstoff vorhanden ist. Die Vorgänge der Adsorption verlaufen, auch wenn das Gift stark verdünnt ist, genau gleich wie oben für reine Gase beschrieben wurde. Nur wird man z. B. die Erhöhung der Temperatur der Kohle bei Anwesenheit von viel Luft nicht so leicht feststellen können, da die grosse Luftmenge die entstandene Wärme wieder abführt.

## Sanitäre Luftschutzübung

vorgeführt anlässlich der schweizerischen Samariter- und Luftschutztagung vom 5./6. Juni 1937  
in Brunnen am Vierwaldstättersee

### Begleitender Sprechtext zur Demonstration.

Von der militärischen Auswertezentrale wird der örtlichen Alarmzentrale Fliegeralarm Richtung Zentralschweiz gemeldet.

Die Sirenen ertönen und mahnen die Bevölkerung und die Luftschutzorgane zum Bezüge ihrer angewiesenen Schutzräume und Sanitätshilfsstellen. (*Fliegeralarm drei Minuten!*)

Beobachtungsposten melden das Herannahen eines feindlichen Fliegergeschwaders über Goldau, Richtung Brunnen.

Wir sind einem feindlichen Bombardement ausgesetzt. (*Petarden [Fliegerbomben] ertönen.*)

Gas-, Brisanz- und Brandbomben fallen über unser Schulhausquartier. Die Luftschutzmannschaft, Quartier Schulhaus, greift ein.

Ich lasse soeben den Gasspürdienst ausrücken. (Eine Minute Pause.) Der Melfahrer dieses Dienstes meldet soeben den Einschlag einer Brandbombe auf das Haus Bücheler südlich Schulhausplatz.

Der Feuerwehrtrupp des Quartiers Schulhaus rückt aus und löscht mit Sand die Brandbombe auf dem Estrich des genannten Hauses.

Soeben meldet ein Feuerwehrmann einen Verletzten mit Brandwunden. Der Verwundete liegt auf dem Dachboden des Brandobjektes.

Der Sanitätsdienst tritt in Funktion. Drei Mann holen den Verwundeten. Sie sehen jetzt die Abteilung ausrücken.

Während die Feuerwehrleute dem Feuer auf dem Estrich zu Leibe rücken, wird der Verwundete geborgen.

Der Verwundetentransport rückt an. Sie sehen nun, wie der Verwundete vom Arzt in der Sanitätshilfsstelle (supponiert auf der Bühne vor der Turnhalle) in Behandlung genommen wird. Samariterinnen assistieren.

1. *Behandlung:* Verbrennungen 1. und 2. Grades am linken Arm und am Kopf. Brandwunden 2. Grades werden mit ausgeglühter Nadel aufgestochen und vom Brandwasser entleert.

2. *Behandlung:* Die Brandwunden beider Grade werden mit Borsalbe bedeckt.

3. *Behandlung:* Die Brandwunden werden zum Schutze gegen die Einwirkung der Luft und zur Reinhaltung durch Verband geschützt.

4. *Behandlung:* Abtransport.

Soeben meldet ein Melfahrer des Gasspürdienstes einen Verletzten, der von der Patrouille auf dem Strassenstück links hinter der Turnhalle am Boden liegend gefunden wurde. Die Splitter einer Brisanzbombe haben den verspätet zum Unterstand Eilenden erhascht. Wahrscheinlich ist er noch mit dem Velo gestürzt; er weist einen komplizierten Knochenbruch am linken Unterschenkel und Vergiftung durch Kohlenoxyd auf, denn die Brisanzbombe zerstörte eine Gasleitung in unmittelbarer Nähe des Betroffenen.

Die zweite Trägergruppe erhält Befehl, den Verwundeten zu bergen. Mit ihnen geht der Melfahrer zum Gasspürdienst zurück.

Der Verwundetentransport rückt an. Der Arzt nimmt im Hilfslokal die Behandlung auf.

1. *Behandlung:* Da der Patient mit Kohlenoxyd vergiftet ist, wird ihm vom Arzt eine Injektion mit Coramin verabfolgt.